

Néhány hazai talajtípus szerves foszfortartalma

FÁBRY GYÖRGYNE

Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest

A talajfoszfor jelentékeny része szerves kötésben van, mely bizonyos körülmények között ásványosodhat [7]. Nem ismerjük azonban még pontosan, hogy ásványosodása milyen intenzitással történik. A mineralizáció mértéke sem eléggé tisztázott még, némely talajban jelentős, más talajokban kicsi (de ez a kis mennyiség is számottevően hozzájárulhat a növény foszfor szükségletének fedezéséhez [5]). Előfordulhat, hogy a növények az ásványosodott foszfor egy részét felveszik, mielőtt ismét mikrobiológiai vagy kémiai úton leköti. A szerves foszforból a növény olykor közvetlenül, bár gyakrabban a mineralizáció révén közvetve juthat a foszforsavhoz [3, 11]. Következésképp, ha valamely termőhely foszforszolgáltató képességével kívánunk foglalkozni, célszerű lehet a szerves foszfor mennyiségének és ásványosodási lehetőségeinek ismerete [13]. Ilyen megfontolás alapján foglalkozom jelen dolgozatomban néhány magyarországi talajtípus szerves foszfortartalmával és tulajdonságaival.

Anyag és módszer

Tanulmányomhoz 153 szelvényt választottam ki, melyeknek származási hely és típus szerinti megoszlását az 1. táblázatban foglaltam össze. Változati tulajdonságot egyedül a réti talajoknál vettem figyelembe, mert humusztartalomban lényeges különbségek mutatkoztak közöttük és mindkét változatból lehetséges volt statisztikai számításokat végezni [10, 12].

A talajokat helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokkal jellemeztem. Utóbbiak az alapvizsgálatokon kívül a következőkre terjedtek ki:

1. Kicszerélhető kationok és T-érték meghatározása MEHLICH szerint [9].
2. Mechanikai elemzés, elvileg DWORÁK és VÁRALLYAY szerint, öt frakció elkülönítésével.
3. Oxidimetrikus szénmeghatározás SCHOLLENBERGER és TYURIN módszerével SARKADI módosításait felhasználva.
4. Összes nitrogénmeghatározás a SCHOLLENBERGER és TYURIN oxidimetrikus szénmeghatározásnál nyert oldatból.
5. Összes foszforsav meghatározása kiizzított talajból királyvizes feloldással. Továbbiakban királyvízoldható foszforsav.
6. Szerves foszforsav mennyiségének meghatározása BOWER módszerének alapján kivonással [2]. A lúgos kezelést szobahőmérsékleten, 90 és 120 °C-on végeztem.

A felsorolt vizsgálatokból a kicszerélhető kationok és a T-érték adatait csak a típusjellemzéseknél használtam fel.

Valamennyi szelvénynél vizsgáltam a művelt réteget és a B szinteket.

1. táblázat

A talajok származási hely és típus szerinti megoszlása

(1) Talaj fő- és altípus																	Összesen
	Bikal	Boly	Budakeszi	Dunaverece	Érőspuszta	Harta	Kecskemét	Lakihegy	Nyársapát	Pálhalma	Ráckeve	Soroksár	Szigetcsép	Taksony	Tiszaköcske	Vány	
A) Váztalajok																	
1. Jellegtelen homok				1	2		2		4			1	3	1	2		10
2. Gyengén humuszos homok							1		1						1	1	10
B) Közép- és Délkelet-európai barna erdőtalaj																	
3. Ramann-féle barna erdőtalaj	5	4	1														10
4. Csernozjom barna erdőtalaj	4	2	4														10
C) Csernozjom talajok																	
5. Mészlepedékes csernozjom		5	1	1			8	1		5	1	1	2	1	1		24
6. Öntés csernozjom				3						3				4	1		10
7. Réti csernozjom		4				1								2			10
D) Szikes talajok																	
8. Sztieppesedő réti talaj							12										12
E) Réti talajok																	
9/a. Humuszban gazdag réti talaj		1				1			1	3				1	4	1	11
9/b. Humuszban szegény réti talaj				3		1			1				1	1	2	1	10
10. Öntés réti talaj				1		15											16
F) Folyóvizek hordalékainak talajai																	
11. Nyers öntéstalaj				2	2						2		2	2			10
12. Gyengén humuszos öntés				4							2						10
Összesen	9	16	6	15	4	30	11	1	7	11	5	2	10	13	10	3	153

Több talajnál a művelt réteg azonos az *A* szinttel, a nem kialakult talajoknál (váz-, hordaléktalajok) pedig a művelt réteg alatt sem beszélhetünk genetikai szintekről csak rétegekről. A *B* illetve a *B*₁, *B*₂ szinteknél a minták száma a szintek vastagságától és morfológiai tagozódásától függően különböző.

Az eredmények értékelése

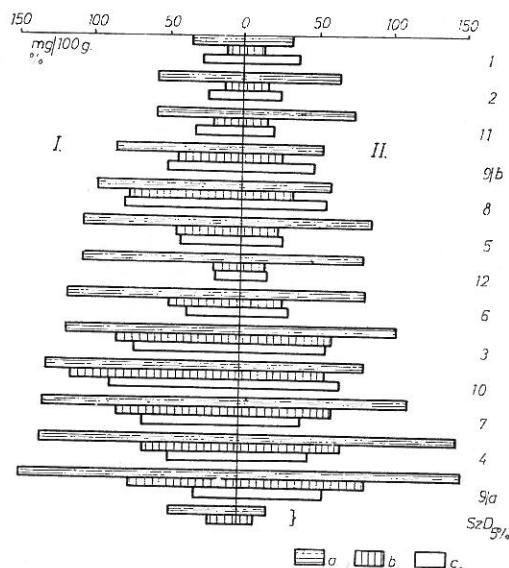
A meghatározások adatai alapján igyekeztem megvizsgálni a hazánkban használatos genetikai osztályozással meghatározott néhány talajtípus szerves foszforsavtartalmát, a típusátalakok közötti különbségek szignifikáns voltát, a szerves foszforsavnak a királyvízoldható foszforsavval, a szénnel, az összes nitrogénnel, valamint a finom alkatrészekkel (2–50 mikron) való összefüggését, illetve arányát.

A vizsgálatokat az 1. táblázatban közölt talajokon végeztem el, az adatokból levont következtetések is azokra vonatkoznak. A 153 szelvény feldolgozás szempontjából nagy szám, de az 1. táblázatban szereplő típusok szerves foszforsav mennyiségének és tulajdonságainak általános jellemzéséhez még további vizsgálatok szükségesek.

A talajok helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok adatai alapján történt rendszerbe sorolásánál a réti talajok kivételével, alsó kategóriaként a típust vettem: egyrészt, mert helyesebbnek tartottam először a típusok szerves foszforsavtartalmát tanulmányozni, másrészt így nagyobb mintaszám állott rendelkezésemre, mint változatokra bontás esetén.

Eddigi vizsgálataim során a szerves foszforsav mennyisége, más alkotórészekkel való összefüggése, illetve aránya a különböző talajokban eltérőnek mutatkozott.

A típusok művelt rétegeinek és *B* szintjeinek királyvízoldható foszforsavtartalmát, abszolút, valamint relatív szerves foszforsav mennyiségeit a királyvízoldható foszforsav növekvő rendjében az 1. ábra szemlélteti. Két típus művelt rétegében mutat a szerves foszforsav különösen nagy értéket: a Ramann-féle barna erdőtalajban, de még inkább az öntés réti talajban. Ez utóbbi típusban a szerves foszforsav mind abszolút, mind relatív mennyiségben valamennyi típusnál több. Kevés szerves foszforsav mutatkozott a jellegtelen, a gyengén humuszos homok (váztalaj fő típus), a nyers öntés és a gyengén humuszos öntés típusokban (folyóvizek hor-



1. ábra

A talajtípusok művelt rétegeinek, valamint *B*-szintjeinek királyvízoldható és szerves foszforsavtartalma. Talajtípusok 1–12. lásd 1. táblázat. a) Királyvízben oldható foszforsav. b) Szerves foszforsav. c) Szerves foszforsav a királyvízoldható foszforsav %-ában. I. Művelt réteg. II. *B*-szintek

dalékainak talaja főtípus). Egyébként a művelt rétegek abszolút és relatív, valamint a *B* szintek abszolút szerves foszforsavmennyiségei azonos tendenciát tükröznek. Megfigyelhető az ábrán, hogy azoknál a talajtípusoknál, melyeknél eltemetett vagy erős felhalmozódási szint fordul elő, a *B* szintek királyvízoldható, illetve szerves foszforsavmennyiségei a művelt rétegekénél nagyobbak. Leolvasható az ábráról az is, hogy mely típusokban több 50%-nál a szerves foszforsav relatív mennyisége, vagyis mely típusokban dominál a szerves foszforsav a szervetlennel szemben.

Az 1. ábrán feltüntetett szignifikáns differenciák (kiszámításánál a nem egyenlő tagú csoportokra vonatkozó módszert használtam [10], alapján kitűnik, hogy mely típusok királyvízben oldható és szerves foszforsavátlagai között vannak szignifikáns különbségek. Mind az átlagadatok, mind a szignifikáns differenciák természetesen az 1. táblázatban ismertetett talajokra vonatkoznak, és nem reprezentálják e típusba tartozó talajok országos átlagát. Tekintve azonban, hogy egy-egy típusba több helyről származó mintát is vizsgáltam, bizonyos mértékű támpontot szolgáltatnak.

A szikes talajok foszforsavátlagáival kapcsolatban a kísérleti anyag feldolgozásánál azt tapasztaltam, hogy a szolonyecszintek (B_1 , B_2) a nem szolonyecszintekhez képest foszforsavban elszegényedést mutatnak: a művelt rétegben 97 ± 7 mg, a szolonyecszintekben 60 ± 3 mg, és az alatta levő szintekben 69 ± 4 mg a királyvízoldható foszforsav, a szerves foszforsav pedig a művelt rétegben 77 ± 8 mg, a szolonyecszintekben 34 ± 6 mg, és az alattuk levő szintekben 48 ± 6 mg 100 g talajra számítva. E jelenség oka — tekintve, hogy a szolonyecszint peptizációs folyamatok eredménye — valószínűleg kolloidikai folyamatokra vezethető vissza. A feltevést megerősíti ANTIPOV—KARATAEV [1] azon megállapítása, mely szerint a szolonyecsekre a szolonyecszintek humuszösszetételében a huminsavtartalom csökkenése jellemző.

A főtípusok és típusok királyvízoldható és szerves foszforsavtartalmának összefüggéseit, valamint azok paramétereit a 2. táblázatban foglaltam össze. A táblázat a kétféle foszforsav összefüggéseit a művelt rétegekre és a *B* szintekre bontva tartalmazza. A főtípusok művelt rétegeiben a kétféle foszforsav között — a vázталajok és a folyóvizek hordalékainak talajait kivéve — szoros az összefüggés. A kétféle foszforértékek között a típusokon belül is szorosnak mondható a korreláció, kivételt képeznek: a gyengén humuszos homok, a humuszban szegény réti, a nyers öntés és a gyengén humuszos öntés talajok. A főtípusok *B* szintjeiben a kétféle foszforsavtartalom korrelációja hasonló képet mutat, mint a művelt rétegekben azzal a különbséggel, hogy a folyóvizek hordalékainak talajainál csak a *B* szintben lehetett közepesen erős összefüggést kimutatni.

A talajok szerves foszforsavának jellemzéséhez hozzátartozik a szénnel, az összes nitrogénnel, a királyvízoldható foszforsavval és a finom frakcióval való összefüggésének tisztázása. Az összefüggéseket a típusok művelt rétegeire típusátlagokból számítva a 2. ábrán adtam meg. Kitűnik az ábrákból a különböző talajtípusok szerves foszforsavmennyiségeiben mutatkozó négy nagyobb szintdifferencia. Legalacsonyabb szinten találjuk a jellegtelen homok, gyengén humuszos homok, nyers öntés, gyengén humuszos öntéstalajok szerves foszforsavtartalmát, második szinten a csernozjom barna erdő, a mészlepedékes csernozjom, az öntés csernozjom és a humuszban szegény réti talajokét, harmadik szinten a Ramann-féle barna erdő, a réti csernozjom, a sztyeppesedő réti szolonyec, a humuszban gazdag réti, a negyedik szinten pedig az öntés réti

2. táblázat

Összefüggések a talajok királyvízoldható és szerves foszfortartalma között

(1) Talaj fő- és altípus	(2) Művelt rétegek				(3) B-szintek			
	r	n	a	b	r	n	a	b
A) Váztalajok	0,34	20	4,95	0,14	0,39	35	3,11	0,22
1. Jellegtelen homokta- laj	0,69 ¹	10	-30,64	1,16	0,40	18	-7,57	0,60
2. Gyengén humuszos homoktalaj	0,22	10	7,67	0,09	0,44	17	-8,67	0,38
B) Közép- és Délkelet-eu- rópai barna erdőta- lajok	0,82 ³	20	15,19	0,47	0,87 ³	59	-4,25	0,57
3. Ramann-féle barna erdőtalaj	0,69 ¹	10	26,08	0,48	0,53 ³	36	26,06	0,33
4. Csernozjom barna erdőtalaj	0,98 ³	10	-3,33	0,49	0,93 ³	23	-23,93	0,64
C) Csernozjom talajok ...	0,96 ³	44	-32,75	0,76	0,90 ³	107	-39,96	0,77
5. Mészlepedékes cser- nozjom talaj	0,81 ³	24	-6,10	0,47	0,78 ³	72	-23,44	0,54
6. Öntéscsernozjom ta- laj	0,82 ³	10	-30,45	0,64	0,48 ¹	20	5,86	0,25
7. Réti csernozjom ta- laj	0,99 ³	10	-20,61	0,78	0,92 ³	41	-39,63	0,81
D) Szikes talajok								
8. Sztieppesedő réti szolonyectalaj ...	0,97 ³	12	-7,45	0,87	0,89 ³	54	-14,95	0,82
E) Réti talajok	0,73 ³	37	0,58	0,72	0,93 ³	107	-11,14	0,67
9/a. Humuszban gaz- dag réti talaj ..	0,79 ³	11	-14,86	0,60	0,97 ³	27	-16,64	0,69
9/b. Humuszban sze- gény réti talaj ..	0,44	10	-28,64	0,84	0,79 ³	13	-24,24	0,93
10. Öntés réti talaj ...	0,99 ³	16	-5,76	0,92	0,80 ³	67	-15,70	0,87
F) Folyóvizek hordalékai- nak talajai	0,14	20	15,88	0,04	0,55 ³	40	-4,27	0,24
11. Nyers öntéstalaj ..	0,43	10	2,09	0,31	0,69 ²	11	5,73	0,12
12. Gyengén humuszos öntéstalaj	0,23	10	13,68	0,05	0,61 ²	29	-6,42	0,25

¹ P = 5% ² P = 1% ³ P = 0,1%

talajokét. Hasonló tagozódások nyomát figyelhetjük meg a típusok szén, összes nitrogén, királyvízben oldható foszforsav és a finom frakció menetében is. A jellegtelen homok, a gyengén humuszos homok, a nyers és a humuszos öntés szénben, összes nitrogénben, királyvízoldható foszforsavban és szerves foszforsavban ugyancsak a legalacsonyabb szintet képviselik. Az öt szerves foszforsavban gazdag típus közül legtöbb szenet az öntés réti, a humuszban gazdag réti és a réti csernozjomtalajok tartalmazták. Összes nitrogén és királyvízoldható foszforsav szintén ezekben a típusokban a legtöbb. Finom frakcióban leggazdagabb a réti csernozjom és a sztieppesedő réti szolonyec talajtípus. A további három nagy szerves foszforsavtartalmú talajtípusban szintén magas a finom frakció mennyisége, amiből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a szerves foszforsav felhalmozódása a szerkezettel is összefüggésben van.

Az 1. ábrából kitűnik, hogy a típusok szén, összes nitrogén, királyvízben oldható foszforsav, finom frakció és szerves foszforsavtartalma között szoros lineáris korreláció mutatkozik. Azonban annak ellenére, hogy a korreláció szoros, a felsorolt alkatrészeknek a szerves foszforsavval való arányaiban a típustulajdonságok, illetve jellegzetességek megnyilvánulnak, amint azt a 3. táblázatban láthatjuk. A táblázatból kitűnik, hogy az arányok különbözőek a szén: szerves foszforsav és az összes nitrogén: szerves foszforsav arányok alakulása hasonló, korrelációs koefficiensük 0,931, mely 0,1%-os szinten szignifikáns. KAILA a szén: szerves foszfor, valamint a szén: összes nitrogén között 0,883 korrelációs együtthatót (R) talált, amiből arra következtetett, hogy a humifikáció során szerves foszfor halmozódik fel [8]. A királyvízben oldható foszforsav: szerves foszforsav arány még leginkább a finom frakció: szerves

3. táblázat

A talajtípusok művelt rétegének szén, nitrogén, királyvízoldható foszforsav, finom frakció: szerves foszfor arányai

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Talajtípus	Szén	Összes N	Királyvízoldható P_2O_5	Finom frakció
Szerves P_2O_5 arányai				
1. Jellegtelen homoktalaj	30,3	5,2	3,5	459
2. Gyengén humuszos homoktalaj	76,2	8,8	4,4	809
3. Ramann-féle barna erdőtalaj	15,4	2,6	1,4	859
4. Csernozjom barna erdőtalaj	14,4	2,9	2,1	1212
5. Mészlepedékes csernozjomtalaj	32,5	3,8	2,4	1340
6. Öntés csernozjom talaj	35,4	4,8	2,7	1031
7. Réti csernozjom talaj	21,5	2,9	1,6	955
8. Sztieppesedő réti szolonyec talaj ...	18,6	3,1	1,2	999
9/a. Réti talaj humuszban gazdag	31,1	3,9	2,0	744
9/b. Réti talaj humuszban szegény	31,8	5,5	1,9	1565
10. Öntés réti talaj	13,9	2,5	1,1	563
11. Nyers öntéstalaj	17,4	3,0	2,9	2380
12. Gyengén humuszos öntéstalaj	43,3	7,5	5,6	2797
SzD ₅ %	14,1	1,6	1,1	687

foszforsav aránnyal mutatott közös vonásokat, azonban e két arány között már csak 0,526 korrelációs együttható adódott, mely 10%-os szinten szignifikáns. A 3. táblázat adatai alapján a szén: szerves foszforsav (P_2O_5) arány variációs szélessége 13,9–76,2 átlaguk 29,4. Az ebből számított szén: szerves foszfor (P) arány variációs szélessége pedig 31,8–174,5 átlaguk 67,3. KAILA ezt az arányt kultúr homok- és silttalajokban 60–370 között 150 átlaggal és agyagtalajokban 56–210 között, 115 átlaggal közölte [6]. A mi talajaink szénben szegényebbek, szervesanyaguk viszont foszforban dúsabb, mint a finnországi talajok. A szén: szerves foszforsavarány az átlagnál növekvő sorrendben tágabb a jellegtelen homok, a humuszban gazdag réti, a humuszban szegény réti, a mészlepedékes csernozjom, az öntés csernozjom, a gyengén humuszos öntés és a gyengén humuszos homoktalajokban. Az átlagnál csökkenő sorrendben szűkebb a szén: szerves foszforsav arány a réti csernozjom, a sztieppesedő réti szolonyec, a nyers öntés, a Ramann-féle barna erdő, a csernozjom barna erdő és az öntés réti talajokban.

Az összes nitrogén: szerves foszforsavarány variációs szélessége a művelt rétegben 2,5–8,8 átlaguk 4,3, melynél növekvő sorrendben tágabb az arány

az öntés csernozjom, a jellegtelen homok, a gyengén humuszos öntés és a humuszban szegény réti talajokban. A középértéknél csökkenő sorrendben szűkebb az összes nitrogén: szerves foszforarány a humuszban gazdag réti, a mészlepedékes csernozjom, a sztyeppesedő réti szolonyec, a nyers öntés, a csernozjom barna erdő, a Ramann-féle barna erdő és az öntés réti talajokban.

A finom frakció: szerves foszforsavarány variációs szélessége 459—2797; 1209 átlaggal, melynél növekvő sorrendben tágabb az arány, a csernozjom barna erdő, mészlepedékes csernozjom, a humuszban szegény réti, a nyers öntés és a humuszos öntés talajokban. Az átlagnál szűkebb az arány a sztyeppesedő réti szolonyec, a Ramann-féle barna erdő, a gyengén humuszos homok, az öntés réti, a humuszban gazdag réti, a jellegtelen homoktalajokban stb.

Az arányok közül a királyvízben oldható foszforsav: szerves foszforsavarány a szerves foszfor felhalmozódási — lebontási egyensúlyára utal. Legnagyobb a szerves foszforfelhalmozódás az öntés réti talajokban: királyvíz-oldható foszforsavátlaguk 127 mg, szerves foszforsavátlaguk 113 mg, relatív szerves foszforsavátlaguk (az összes foszforsav %-ában) 90% és a királyvíz-oldható foszforsav: szerves foszforsavarányuk 1,1. A szerves foszforsav és a szervetlen foszforsav mennyisége közel azonos volt a vizsgált humuszban szegény réti talajokban: átlagos királyvízoldható foszforsavtartalma 85 mg, szerves foszforsavtartalma 43 mg, relatív értéke 50%, a királyvízoldható foszforsav: szerves foszforsav aránya 2,0. Rendkívül kevés a relatív szerves foszforsavmennyisége a vizsgált humuszos öntés talajoknak: királyvízoldható foszforsavtartalmuk átlaga 106 mg, abszolút szerves foszforsavtartalmuk átlagosan 19 mg: a királyvízoldható foszforsav: szerves foszforsav arányuk 5,6. Tehát a szerves foszforsav relatív mennyiségének csökkenésével nő, a felhalmozódás növekedésével csökken a királyvízoldható: szerves foszforsav arány. A 2,0-nél kisebb aránynál a szerves foszforsav felhalmozódási tendenciát mutat, a 2,0-nél nagyobb aránynál pedig vagy a lebontás dominál vagy a szintézis kis mértékű, lassú ütemű.

A humuszban szegény réti talaj 2,0 királyvízoldható foszforsav: szerves foszforsav aránya után 1,9—1,6—1,4—1,2 tehát csökkenő aránnyal, növekvő relatív szerves foszforsavmennyiséggel, növekvő felhalmozódással a humuszban gazdag réti talaj, a réti csernozjom, a Ramann-féle barna erdőtalaj s végül a sztyeppesedő réti szolonyec következett. A 2,0—2,1—2,4—2,7—2,9—3,5—5,6 növekvő királyvízoldható foszforsav: szerves foszforsav aránnyal csökkenő relatív szerves foszforsavmennyiséggel a további nyolc talajtípus szerepelt: a humuszban gazdag réti, a csernozjom barna erdő, a mészlepedékes csernozjom, az öntés csernozjom, a nyers öntés, a jellegtelen homok, a gyengén humuszos homok és a humuszos öntés talaj művelt rétege.

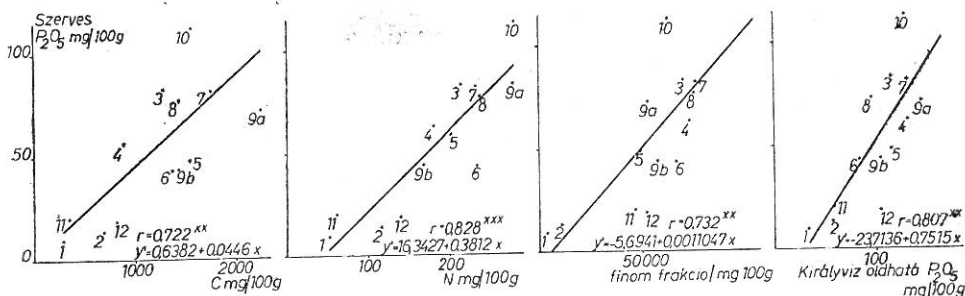
A szerves foszforsavfelhalmozódást mutató talajtípusok művelt rétegében a szerves: szervetlen foszforsav aránya a következőképpen alakult:

öntés réti talaj	6,63
sztyeppesedő réti szolonyec	3,72
Ramann-féle barna erdőtalaj	2,39
réti csernozjomtalaj	1,31
humuszban szegény réti talaj	1,03

A felsorolt típusok művelt rétegében és kivéve a réti csernozjomot, *B* szintjeikben is a szerves foszforsav dominál a szervetlennel szemben, de *B*

zintjeikben már kevesebb a szerves foszforsav relatív értéke, mint a művelt étegükben (1. ábra).

Kizárólag a B szintben mutatkozott a szerves foszforsavfelhalmozódás a humuszban gazdag réti talajnál, szerves: szervetlen foszforsav aránya: 1,36 (1. ábra). A csernozjom és a nem kialakult talajokban, melyekben a szerves foszforsav relatív mennyisége 50%-nál kisebb, a szerves: szervetlen foszforsav arány 0,21–0,97 a művelt rétegben, B szintjeikben szintén a szervetlen foszforsav dominál a szervessel szemben.



2. ábra

Összefüggés a talajok művelt rétegének C, összes N, finomfrakció királyvízoldható foszfor és szervesfoszfor tartalma között

A mineralizáció és a szintézis számtalan fizikai, kémiai, biológiai tényező részvételével történő meglehetősen összetett folyamat. Amíg gazdag energiaforrás áll rendelkezésre addig az építés nagyobb, mint a mineralizáció és a szerves foszforsav mennyisége növekszik, mikor azonban az energiaforrás kevés lesz, a szerves foszforsav ásványosodása következik be. Az a tény, hogy egyes talajtípusokban a szerves foszforsav jelentős mennyiségben található, arra enged következtetni, hogy lebontásnak ellenálló szerves foszforvegyületek halmozódnak fel. Valószínűleg ilyen ásványosodásnak ellenálló szerves foszforfrakció lehet a fitin, mert vas- és alumíniumvegyületek képesek a fitint nehezen oldható formában megkötni. KAILA a nettóásványosodás határértékét a szén és az összes, illetve a szerves foszfor arányában adja meg [7]. Értelési vizsgálataimnál [4] én is azt tapasztaltam, hogy azoknál a talajoknál következett be szintézis, melyeknél a szén: szerves foszforsav arány szűk volt.

A jelen dolgozatomban tárgyalt 13 típusból ötben a szerves foszforsav a művelt rétegben felhalmozódási tendenciát mutatott, és közülük négy típusban: az öntés réti, a sztyeppesedő réti szolonyec, a Ramann-féle barna erdő, valamint a réti csernozjom talajokban a szén: szerves foszforsav arány szűk volt: 13,9–21,5 közötti értékekkel. Az ötödik típusban, a humuszban szegény réti talajban azonban tág arányt (31,8) találtam. Némiképp enyhíti ugyan a kivételt, hogy ebben a típusban a szerves foszfor relatív mennyisége csak 50,5%, tehát alig mutatkozott felhalmozódás.

A típusok másik csoportjában, amelyben a szerves foszforsav relatív mennyisége 50%-nál kisebb a szén: szerves foszforsav arány általában tág: 30,3–76,2 közötti. Kivétel azonban ebben a csoportban is akad: a nyers öntés és a csernozjom barna erdőtalaj, melyekben szűk az arány: 14,7–17,4 közötti értékekkel. A humuszban szegény réti talajban a szerves foszforsav felhalmozódási tendenciája az anaerob viszonyokat teremtő réti folyamatokra vezet-

hető vissza. A nyers öntésnél és a csernozjom barna erdőtalajnál pedig a levegős szerkezet, valamint a foszforban viszonylag gazdag kevés szervesanyag mozdtja elő az ásványosodást.

Összefoglalás

A hazánkban használatos genetikus osztályozással meghatározott 12 talajtípus szerves foszfortartalmát; szénnel, összes nitrogénnel, királyvízoldható és szerves foszforssavval, valamint a frakcióval való összefüggését tanulmányoztam különböző helyekről származó 153 szelvény művelt rétegében és B szintjeiben.

A típusok művelt rétegének szerves foszfortartalma 10–110 mg, relatív értékkel 18–90%, a B szintek szerves foszformennyisége 12–85 mg, relatív értéke 17–68%. A típusok szerves foszfortartalma négy nagyobb szintdifferenciát mutatott. A típusok művelt rétegeinek és B szintjeinek ha nincs is minden szerves foszforssavátalaga között szignifikáns különbség, de a lényeges differenciák megtalálhatók és szignifikánsak is.

A típusok legtöbbjénél a művelt rétegek és B szintek szerves foszfortartalma a királyvízoldható foszforssavval, szénnel, összes nitrogénnel, finom frakcióval szoros szignifikáns korrelációt adott.

A szerves foszforssav relatív mennyisége alapján a vizsgált típusok két csoportra tagolódnak. Egyikre a réti és erdőségi folyamatok jellemzők, ezekben a szerves foszforssav szintetizálódik. A másik csoport mezőségi és nem kialakult talajaiban a szerves foszforssav mineralizálódik.

A sztyeppepedő réti szolonyeczek szolonyecszintjeiben a királyvízben oldható és a szerves foszforssav kevesebb, arányuk is eltolódott a szelvény többi szintjéhez viszonyítva.

A típusok szén, összes nitrogén, királyvízoldható foszforssav, finom frakció:szerves foszfor arányai között szignifikáns különbségek mutatkoztak. Azokban a típusokban, melyeknek a művelt rétegében a szerves foszforssav akkumulálódik mind a három arány szűk. E talajokban a szerves foszfor: szerves foszforssav aránya 1,3–6,6 között változik.

Irodalom

- [1] ANTIPOV-KARATAJEV, I. N.: Szolonyec-talajok megjavításával kapcsolatos fizikai-kémiai vizsgálatok. *Agrokémia és Talajtan*. **9**. 163–178. 1960.
- [2] BOWER, C. A.: Separation and identification of phytin and its derivatives from soils. *Soil Sci.* **59**. 277–295. 1945.
- [3] BURANGULOVA, M. N. & HAZIEV, F. H.: A műtrágyák hatása a talaj foszfatáz aktivitására. *Agrokémia és Talajtan*. **14**. 101–110. 1960.
- [4] FÁBRY, GY.-NÉ.: A foszforssav biológiai átalakulása barna erdőtalaj területek néhány jellegzetes szelvényében. *Agrokémia és Talajtan*. **12**. 427–438. 1963.
- [5] HALSTEAD, R. L., LAPENSEE, J. M. & JOURSON, K. C.: Mineralization of soil organic phosphorus with particular reference to the effect of lime. *Canad. J. Soil Sci.* **43**. 97–106. 1963.
- [6] KAILA, A.: Vilelymaan Organisesta fosforista. *Valtion Maatalouskoetiminnaan Jukaisuja*. No. 129. Helsinki, 1948.
- [7] KAILA, A.: Über den Phosphorsäurekreislauf in der Landwirtschaft. *Sitzungsber. DAL Berlin*, **9**. 10. 1960.
- [8] KAILA, A.: Organic phosphorus in Finnish soils. *Soil Sci.* **95**. 38–44. 1963.
- [9] MEHLICH, A.: Determination of cation- and anion exchange properties of soils. *Soil Sci.* **66**. 429–445. 1948.

- [10] MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Parey. Berlin, 1958.
- [11] STANFORD, G.: Soil management practices in relation to phosphorus availability and use. In: PIERRE, W. H. & NORMAN, A. G.: Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition. Acad. Press. New York, 1953.
- [12] SVÁB, J.: Statisztikai módszerek mezőgazdasági kutatók számára. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1961.
- [13] ZSURBICKY Z. I.: Fiziologiaszeszkie i agrohimiyeszeszkie osnovü primenija udobrenij. Izd. AN SSSR. Moszkva, 1963.

Organic Phosphorus Content of Some Hungarian Soil Types

J. FÁBRY

National Institute for Agricultural Quality Testing, Budapest (Hungary)

Summary

The cultivated layers and 776 $B(B_1, B_2)$ horizons of 153 profiles coming from various regions of the country were examined. The purpose was to study the average organic phosphorus content of some soil types determined by the genetic classification used in this country, the significance of the deviations as well as the correlation and ratio of the average P content to carbon, total nitrogen, aqua-regia soluble phosphoric acid, inorganic phosphoric acid and to the fine fraction (particle size diameter is less than 50 μ).

The organic phosphoric acid content of the cultivated layer of the soil types varies between 10—113 mg, while their quantity expressed as the percentage of the total phosphorus content is between 18—90%. The absolute organic phosphoric acid content of the B horizons of the types is between 12—85 mg. The relative value is between 17—68%.

In the organic phosphoric acid content of the various soil types four major level differences were found. The lowest level is represented by the characterless, slightly humous sand, the recent alluvial soil and the slightly humous alluvial soil, the second level by the alluvial chernozem, the calcareous chernozem, the meadow soil with low humus content, and the chernozem brown forest soil, the third level by the Ramann-type brown forest soil, the meadow chernozem, the meadow solonetz turning into steppe formation and the meadow soil with high humus content and, finally, the fourth level by the alluvial meadow soil.

In the cultivated layers and B horizons of the soil types there is no significant difference among all type-averages, but essential differences are present. For instance within the main type of chernozem the type-averages of the organic phosphoric acid content of the calcareous chernozem and the alluvial chernozem are not differentiated, yet that of the meadow chernozem significantly differs from the average of the two preceding chernozems. There is no significant difference between the type-averages of the Ramann-type and the chernozem brown forest soil within the main type of the Central and South-east-European brown forest soil, but the average of the chernozem brown forest soil is significantly lower than that of the meadow chernozem. Within the main type of meadow soil the type-averages significantly differ from each other and, in addition, the average organic phosphoric acid content of the meadow soil with high humus content differs significantly from the two type-averages of the main type of chernozem and from the three type-averages of the meadow alluvial soil.

The organic phosphoric acid showed a close significant correlation (calculated from the obtained data) with the aqua-regia soluble phosphoric acid in the majority of the soil types both in the cultivated layers and in the B horizons. There was also a close correlation (calculated from the type-averages) with carbon, the total nitrogen and the fine fraction.

On the basis of the relative quantity of organic phosphoric acid, the soil types examined form a smaller and a larger group.

The soil types of the smaller group are characterized by meadow and forest processes, in these the organic phosphoric acid becomes synthetized. The larger group consists of the chernozem and the non-developed soils in which the organic phosphoric acid

becomes mineralized, or the synthesis is of a small extent, or the two processes are balanced.

In the solonetz horizons of the meadow solonchets turning into steppe formation the absolute quantity of aqua-regia soluble and organic phosphoric acid is smaller and their ratio is also shifted as compared to the values determined in the other horizons of the profile: the organic to inorganic phosphoric acid ratio of the solonetz horizon is 1.30 as a contrast to the ratio of 3.72 of the *A* horizon and the ratio of 2.30 of the horizons below the solonetz horizons.

The average ratio of carbon to organic phosphoric acid is 29.4 in the soil types examined. The largest value is obtained in the case of the slightly humous sand and the smallest in that of the alluvial meadow soil. The mean value of the ratio of total nitrogen to organic phosphoric acid is 4.3. It is the largest in the slightly humous sand soil and the smallest in the alluvial meadow soil just, like the ratio of carbon to phosphoric acid. The correlation coefficient of the two ratios is 0.931 that is significant at 0.1%. The average value of the ratio of fine fraction to organic phosphoric acid is 1209. It is the largest in the slightly humous alluvial soil and the smallest in the alluvial meadow soil. With soil types in which the organic phosphoric acid accumulates in the cultivated layer (meadow alluvial soil, meadow solonetz turning into steppe formation, meadow chernozem, Ramann-type brown forest soil) each of the three ratios is small. In these soils the ratio of organic to inorganic phosphoric acid changes between 1.31 and 6.63.

Table 1. Division of soils according to locality and type. (1) Main type and sub-type of soil: A) Skeletal soils: 1. Characterless sand. 2. Slightly humous sand. B) Central- and Southeast-European brown forest soil. 3. Ramann-type brown forest soil. 4. Chernozem. brown forest soil. C) Chernozem soils: 5. Calcareous chernozem. 6. Alluvial chernozem. 7. Meadow chernozem. D) Salt affected soils: 8. Meadow soil turning into steppe formation E) Meadow soils: 9/a. Meadow soil with high humus content. 9/b. Meadow soil with low humus content. 10. Alluvial meadow soil. F) Soils of river deposits: 11. Recent alluvial soil. 12. Slightly humous alluvial soil.

Table 2. Correlations between the aqua-regia soluble and organic phosphoric acid contents of the soils. (1) Main type and type of soil (see: Table 1). (2) Cultivated layers. (3) B horizons.

Table 3. The ratios of carbon, nitrogen, aqua-regia soluble phosphoric acid and fine fraction to organic phosphorous in the cultivated layer of the soil types. (1) Soil type (1 to 12; see Table 1). (2) Ratios of carbon, (3) total N, (4) aqua-regia soluble P_2O_5 , and (5) fine fraction to organic P_2O_5 .

Figure 1. Aqua-regia soluble and organic phosphorous contents of the cultivated layers and B horizons of soil types. Soil types: 1 to 12 see Table 1. a) aqua-regia soluble phosphoric acid. b) organic phosphoric acid. c) organic phosphoric acid as a percentage of the aqua-regia soluble phosphoric acid.

Figure 2. Correlations between the C, total-N, fine particle aqua-regia soluble and organic P contents in the cultivated layers-

La teneur en phosphore organique de quelques types de sol hongrois

I. FÁBRY

Institut National pour la Qualification des Produits Agraires, Budapest (Hongrie)

Resumé

J'ai analysé la couche arable et l'horizon 776 *B* (B_1 , B_2) de 153 profils provenant de différentes parties du pays. Mon but était d'étudier la moyenne de la teneur en phosphore organique, la signification des différences, sa corrélation et sa proportion au carbone, à l'azote total, à l'acide phosphorique soluble dans l'eau régale, à l'acid phosphorique inorganique de même qu'à la fraction fine (la dimension des granules est plus petite que 50 microns) de quelques types de sol déterminés selon la classification génétique utilisée dans notre pays.

La teneur en phosphore organique de la couche arable des types est 9,8—112,6 mg, sa quantité exprimée en phosphore total 17,6—86,9%. La teneur absolue en phosphore organique des horizons *B* des types est 12,0—85,4 mg, sa valeur relative 17,4—68,0%.

J'ai trouvé quatre grandes différences de niveau dans la quantité du phosphore organique des différents types de sol. Les sols de sable mouvant, les sols sablonneux humifères, les sols alluviaux bruts et les sols alluviaux humifères représentent le niveau bas, les chernozems des terrasses, les chernozems présentant des enduits calcaires, les sols de prairie pauvres en humus de même que les sols bruns forestiers chernozémiques, le deuxième niveau, les sols bruns forestiers de Ramann les chernozems de prairie, les solonetz de prairies en voie d'évoluer en sol de steppe, les sols de prairies chernozems humifères le troisième niveau et enfin les sols de prairies alluviaux le quatrième niveau.

Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de chaque type dans les couches arables et les horizons B mais on peut retrouver les différences essentielles par exemple en dedans du type chernozem, les moyennes du type de l'acide phosphorique organique des chernozems présentant des enduits calcaires et des chernozems des terrasses ne se différencient pas, mais la moyenne des chernozems de prairies diffère déjà notablement de celle des deux premiers chernozems. Dans le type général des sols bruns forestiers du centre et du sud-ouest de l'Europe il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des types de sols bruns forestiers de Ramman et des sols bruns forestiers chernozémiques mais la moyenne de sols bruns forestiers chernozémiques est significativement plus petite que celle des chernozems de prairies. En dedans du type général des sols de prairies les moyennes des types diffèrent significativement, en dehors de cela, la moyenne du phosphore organique des sols de prairies chernozémiformes diffère significativement de la moyenne des deux sols du type général chernozems et de celle de tous les trois sols de prairies alluviaux.

L'acide phosphorique organique donnait une corrélation significative étroite avec l'acide phosphorique soluble dans l'eau régale (calculée des données de l'analyse) et dans la couche arable et dans l'horizon B dans la plupart des types. L'acide phosphorique organique montrait de même une corrélation étroite avec le carbone l'azote total, avec la fraction fine calculée de la moyenne des types.

A la base de la quantité relative de l'acide phosphorique organique, les types examinés se divisent en deux groupes, en un groupe plus petit et en un groupe plus grand. Dans les types de sol du premier groupe, caractérisés par des procédés de prairies et de forêts, la synthèse de l'acide phosphorique est observable. Au second groupe appartiennent les chernozems et les sols non évolués dans lesquels l'acide phosphorique organique se minéralise ou la synthèse est de faible mesure, c'est à dire les deux procédés sont en équilibre.

Dans les horizons solonetz, des solonetz de prairie en voie d'évoluer en sol de steppe, la quantité absolue et de l'acide phosphorique organique et de l'acide phosphorique soluble dans l'eau régale est moins et leur proportion se trouve aussi décalé par rapport aux autres horizons du profil. La proportion de l'acide phosphorique organique à l'acide phosphorique inorganique des horizons solonetz est 1,30, à l'opposé de la proportion 3,72 de l'horizon A, et 2,30 des horizons se trouvant sous les horizons solonetz.

La moyenne de la proportion carbone: l'acide phosphorique organique est 29,4 chez les types du sol examinés elle est la plus étendue chez les sols sablonneux humifères et la plus étroite chez les sous-sols de prairies alluviaux. La moyenne de la proportion azote total: acide phosphorique organique est 4,3; elle est la plus étendue chez les sols sablonneux humifères et la plus étroite chez les sols de prairies alluviaux d'accord avec la proportion carbone: acide phosphorique organique. Le coefficient de corrélation des deux proportions est 0,931 ce qui est significatif à 0,1%. La moyenne de la proportion fraction fine: acide phosphorique organique est 1209; elle est la plus étendue chez les sols alluviaux humifères et la plus étroite chez les sols de prairies alluviaux. Toutes les trois proportions sont étroites dans ces types de sol, où l'acide phosphorique inorganique s'accumule dans la couche arable (sols de prairie alluviaux, solonetz de prairie en voie d'évoluer en sol de steppe, chernozems de prairie, sols bruns forestiers de Ramann). La proportion de l'acide phosphorique organique à l'acide phosphorique inorganique change entre 1,31—6,63 dans ces sols.

Tableau 1. Répartition des sols selon le lieu de provenance et le type (1) Type général et sous-type du sol. A) Sols squelettiques: 1. Sols de sable mouvant. 2. Sols sablonneux humifères. B) Sols bruns forestiers du centre et du sud-ouest de l'Europe. 3. Sols bruns forestiers de Ramann. 4. Sols bruns forestiers chernozémiques. C) Chernozems. 5. Chernozems présentant des enduits calcaires. 6. Chernozems alluviaux. 7. Chernozems de prairie. D) Sols salins et à alcali. 8. Solonetz de prairie en voie d'évoluer en sol de steppe. E) Sols de prairies. 9/a. Sols de prairie riches en humus. 9/b. Sols de prairies pauvres en humus. 10. Sols de prairie alluviaux. F) Sols des sédiments des eaux courantes: 11. Sols alluviaux bruts. 12. Sols alluviaux humifères.

Tableau 2. Corrélation entre la teneur des sols en phosphore organique et en phosphore soluble dans l'eau régale. (1) Type général et sous type. (voir Tableau 1.). (2) Couches cultivées. (3) Horizons B.

Tableau 3. Les proportions du carbone, de l'azote, de l'acide phosphorique soluble dans l'eau régale, de la fraction fine au phosphore organique dans la couche cultivée de ces types de sol. (1) Type de sol (1—12. voir Tableau 1.). (2) Carbone. (3) Azote total. (4) Les proportions de P_2O_5 soluble dans l'eau régale et de (5) P_2O_5 organique de la fraction fine.

Figure 1. Teneur en phosphore soluble dans l'eau régale et en phosphore organique dans les couches arables de même que dans l'horizon B de ces types de sol. Types de sol 1—12 voir Tableau 1. a) Acide phosphorique soluble dans l'eau régale. b) Acide phosphorique organique. c) Acide phosphorique organique en % de l'acide phosphorique soluble dans l'eau régale.

Figure 2. Corrélations entre la teneur de la couche arable en C, N total, fraction fine, P soluble dans l'eau régale et P organique.

Содержание органического фосфора в некоторых почвах Венгрии

И. ФАБРИ

Государственный институт по контролю за качеством почв и сельскохозяйственных продуктов, Будапешт

Резюме

Проводили исследования образцов почвы из пахатного слоя и 776 образцов из горизонта В (B_1 , B_2) 153-х разрезов, заложенных в различных областях страны. Целью данного исследования было определение в некоторых типах почв, выделенных по генетической классификации почв, применяемой в нашей стране, среднего содержания органического фосфора, наличия достоверных расхождений, а также изучение взаимосвязи его содержания с углеродом, общим азотом, фосфорной кислотой, растворимой в царской водке, минеральным фосфором и с тонкой фракцией почвы (частицы меньше 50 микрон).

Содержание органического фосфора в пахотных горизонтах всех типов почв колебалось от 9,8 до 112,6 мг, количество его выраженное в общем фосфора было 17,6—86,9%. В горизонтах В абсолютное содержание органической фосфорной кислоты было 12,0—85,4 мг., относительное содержание — 17,4—68,0%.

В различных почвенных типах были выделены четыре более значительных уровня содержания органической фосфорной кислоты. Первый уровень отмечается для безформенных, слабогумусированных песков, молодых аллювиальных и слабогумусированных аллювиальных почв; второй уровень — для аллювиальных черноземов, мицеллярных черноземов, бедных гумусом луговых почв, а также для черноземовидных бурых лесных почв; третий уровень характерен для буроземов по Раманну, луговых черноземов, остепняющихся луговых солонцов, гумусированных луговых почв и, наконец, четвертый уровень — для аллювиальных луговых почв.

Между пахотными горизонтами и горизонтами В нет достоверной типологической разницы, но значительные расхождения можно встретить, например внутри главного типа черноземов содержание органического фосфора в мицеллярных и аллювиальных черноземах не дифференцируется по типам, но в луговом черноземе достоверно в значительной степени отличается от среднего содержания органического фосфора в двух, вышеуказанных типах черноземов, не наблюдается достоверной разницы между содержанием органической фосфорной кислоты в буроземах по Раманну и черноземовидных бурых лесных почвах, относящихся к главному типу бурых лесных почв Средней и Юго-Восточной Европы, но в черноземовидных бурых лесных почвах среднее содержание ее достоверно меньше, чем в луговых черноземах. В главном типе луговых почв содержание органической фосфорной кислоты сильно различается по отдельным типам, кроме того, среднее содержание органической фосфорной кислоты в сильно гумусированной луговой почве достоверно отличается от ее среднего содержания в двух типах черноземов и во всех трех типах лугово-аллювиальных почв.

Органическая фосфорная кислота с фосфорной кислотой, растворимой в царской водке, в большинстве почвенных типов дала тесную достоверную корреляцию как в пахот-

ных, так и в подпахотных горизонтах В. Также найдена тесная связь с углеродом, общим азотом, тонкой фракцией почвы, рассчитанных в среднем по типам почв.

На основе относительного количества органической фосфорной кислоты, изученные почвы можно разбить на две группы, на небольшую и более значительную группу. Для первой группы характерными являются луговые и, протекающие под лесом, процессы почвообразования. В этих почвах происходит синтезирование органических фосфорных кислот. Ко второй группе относятся черноземы и малоразвитые почвы, в которых органическая фосфорная кислота минерализуется или синтезируется в незначительной степени, или эти два процесса находятся в равновесии.

В горизонтах В остепняющихся луговых солонцов абсолютное содержание растворимой в царской водке и органической фосфорной кислоты меньше и соотношение их сдвигается по сравнению с другими горизонтами разреза; в горизонте В соотношение органической и неорганической фосфорной кислоты 1,30, в горизонте А 3,72 и в горизонтах, залегающих под В—2,30.

Среднее соотношение углерода и органической фосфорной кислоты для изученных почвенных типов было 29,1; более широкое соотношение наблюдается в слабогумусированных песках, самое узкое — в аллювиальных луговых почвах. Средняя величина соотношения общего азота и органической фосфорной кислоты равнялась 4,3; в слабогумусированных песках оно было более широким, в аллювиально-луговых почвах — более узким, совпадая с соотношением углерода и органической фосфорной кислоты.

Коэффициент корреляции этих двух соотношений — 0,931, уровень достоверности — 0,1%. Средняя величина соотношения тонкой фракции почвы и органической фосфорной кислоты — 1209; самое широкое соотношение наблюдается в слабогумусированных аллювиальных почвах, самое узкое — в аллювиально-луговых почвах. В почвенных типах, где в пахотных горизонтах происходит аккумуляция органической фосфорной кислоты (луговые аллювиальные почвы, остепняющиеся луговые солонцы, луговые черноземы, бурсземы по Раманну) все три соотношения очень узкие. В этих почвах соотношение органического и неорганического фосфора изменяется в пределах 1,31—6,63.

Табл. 1. Место нахождения почв и распределение их по типам. (1) Главный тип и тип почвы. А) Скелетные почвы: 1. Бесформенный песок. 2. Слабогумусированный песок. В) Бурные лесные почвы Средней и Юго-Восточной Европы. 3. Бурная лесная почва по Раманну. 4. Черноземовидная бурная лесная почва. С) Черноземы: 5. Мицеллярный чернозем. 6. Аллювиальный чернозем. 7. Луговой чернозем. Д) Засоленные почвы: 8. Остепняющийся луговой солонец. Е) Луговые почвы: 9/а Сильногумусированная луговая почва. 9/б. Бедная гумусом луговая почва. 10. Аллювиальная луговая почва. F) Почвы на речных наносах. 11. Молодые аллювиальные почвы. 12. Слабогумусированная аллювиальная почва.

Табл. 2. Зависимость между содержанием в почве фосфора растворимого в царской водке и органического фосфора. (1) Главный тип и тип почвы. (смотри таблицу 1). (2) Пахотные горизонты. (3) Горизонты В.

Табл. 3. Соотношения углерода, азота, фосфора, растворимого в царской водке, тонкой фракции почвы с органическим фосфором. (1) Типы почв (1—12. смотри в таблице 1). (2) Углерод. (3) Общий азот. (4) P_2O_5 растворимая в царской водке. (5) Тонкая фракция почвы.

Рис. 1. Содержания фосфорной кислоты, растворимой в царской водке и органической фосфорной кислоты в пахотных горизонтах и горизонтах В различных почвенных типов. Почвенные типы 1—12 смотри в таблице 1. а) Фосфорная кислота, растворимая в царской водке. в) Органическая фосфорная кислота. с) Органическая фосфорная кислота в % от фосфорной кислоты, растворимой в царской водке.

Рис. 2. Зависимость между содержанием углерода, общего азота, глинистой фракцией, фосфора, растворимого в царской водке и органического фосфора в пахотных горизонтах почв.